Zur

Aetiologie des Milzbrandes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen medicinischen Facultät zu München

unter dem Präsidium des Hrn. Professors Dr. v. Pettenkofer

vorgelegt von

Franz Schrakamp.

(Aus dem „Archiv für Hygiene" Bd. II.)

(Mit einer Tafel.)

München.

Druck von R. Oldenbourg.

1884.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554602_0089

Zur

Aetiologie des Milzbrandes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen medicinischen Facultät zu München

unter dem Präsidium des Hrn. Professors Dr. v. Pettenkofer

vorgelegt von

Franz Schrakamp.

(Aus dem „Archiv für Hygiene" Bd. II.)

(Mit einer Tafel.)

München.

Druck von R. Oldenbourg.

1884.

Aus dem „Archiv für Hygiene“ Bd. II.

Wohl über keinen Gegenstand der medicinischen Wissenschaft wird in unseren Tagen so viel gearbeitet, als über pathogene Spaltpilze. Kaum vergeht ein Monat, ohne dass irgend etwas Neues, sei es eine neue Art, sei es eine bis dahin unbekannte Lebenseigenthümlichkeit derselben entdeckt und aufgeklärt wird. Eine der zuerst und am besten bekannten Bacterien ist die des Milzbrands. Schon im Jahre 1855 wurde sie von Pollender entdeckt, und wohl über keinen Pilz ist seitdem so viel geschrieben worden, wie über ihn. Experimentelle Forschungen stiessen hier auf relativ sehr geringen Widerstand, da einerseits der Nachweis der Infectiosität stets durch das Thierexperiment prompt geliefert werden konnte, was bei manchen anderen Infectionskrankheiten, wie Typhus und wohl auch Cholera selbst heute noch nicht der Fall ist, und anderseits die Bacillen so gross sind, um auch mit weniger vollkommenen Mikroskopen, als die der Neuzeit, hinreichend gut beobachtet werden zu können.

Dieser Umstand sowohl, wie die sehr grosse praktische Wichtigkeit des Gegenstandes brachten es mit sich, dass sich so viele der hervorragendsten Männer der Wissenschaft mit ihm beschäftigten. Wenn man Namen liest wie Davaine, Branell, Bollinger, Pasteur und Koch, die ja alle in der Literatur einen guten Klang haben, so sollte man annehmen, dass es kein Kapitel in der Lebensgeschichte des Milzbrandpilzes gibt, über das nicht Klarheit und volle Uebereinstimmung der maassgebenden Autoren herrscht. Und dennoch ist dieses nicht der Fall.

Anfangs begnügte man sich damit, festzustellen, dass sich im Blute milzbrandkranker Thiere stäbchenförmige Mikroorganismen finden, dass diese Stäbchen die eigentlichen Krankheitserreger sind und sich durch solches Blut, selbst in tausendfacher Verdünnung, noch die Krankheit übertragen lässt. Damit war die frühere Ansicht umgestossen, wonach man die Virulenz des Milzbrandblutes an ein darin gelöstes Gift oder Ferment gebunden annahm. Bis dahin stimmen alle Autoren überein.

Damit war aber zur Erklärung der Milzbrandätiologie nicht viel geschehen; denn das spontane Auftreten von Milzbrand und zwar in verschiedenen Jahren zu wiederholten Malen an ganz bestimmten, circumscripten Orten, blieb nach wie vor unerklärlich. Die weiteren Forschungen in dieser Hinsicht, welche sich bemühten die Aetiologie der Milzbrandkrankheit mehr aufzuklären, ergaben ziemlich verschiedene Resultate. Die Hauptvertreter derselben sind Koch und Pasteur.

Die erste eigentliche Milzbrandtheorie stellte Koch auf[1]).

Koch hat folgende Ansicht. Die Infection, meint er, kommt fast ausschliesslich durch Sporen zu Stande. Die Sporenbildung denkt er sich »nicht im Innern der Cadaver, sondern in den blutigen Abgängen der kranken und verendeten Thiere«. Die Zwischenträger sind Pflanzenreste. »Wahrscheinlich, sagt er, sind es bestimmte Gräser, amylumhaltige Sämereien, saftreiche Wurzeln, welche an feuchten Stellen, oder im Wasser liegend und der Zersetzung durch niedere Organismen preisgegeben, ebenso, wie sie vielen anderen Bacterienarten zur Nahrung dienen, auch gelegentlich die Milzbrandbacillen beherbergen.«

Die Verbreitung nimmt er folgendermaassen an. »Man kann sich das Leben der Milzbrandbacillen so vorstellen, dass sie in sumpfigen Gegenden an Flussufern u. s. w. sich jährlich in wenigen Monaten auf einem ihnen zusagenden pflanzlichen Nährsubstrate aus den von jeher daselbst abgelagerten Keimen entwickeln, vermehren, zur Sporenbildung kommen und von neuem zahlreiche, die Witterungsverhältnisse und vor allem den Winter überstehende

1) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. 2 Heft 2. Mittheilungen des Reichs-Gesundheitsamts Bd. 1.

Keime am Rande der Sümpfe und Flüsse und in deren Schlamm ablagern. Bei höherem Wasserstande und stärkeren Strömungen des Wassers werden dieselben mit der Schlammmasse aufgewühlt, fortgeschwemmt und an den überfluteten Weideplätzen auf Futterstoffen abgesetzt. Sie werden hier mit dem Futter von dem weidenden Vieh aufgenommen und erzeugen dann die Milzbrandkrankheit.«

Pasteur dagegen hat die Ansicht, dass sich die Milzbrandsporen aus den Abgängen milzbrandkranker Thiere und hauptsächlich in den Cadavern derselben, auch wenn keine Obduction stattfindet, der Luftzutritt also verhindert ist, im Boden bilden. Diese Sporen sollen dann durch Regenwürmer an die Oberfläche gebracht werden, wo die Thiere sie mit dem Futter aufnehmen. Dieser Ansicht widerspricht er übrigens selbst; denn an einer anderen Stelle stellt er die Milzbrandbacterie als ein Aerobion hin. Eine Sporenbildung im Inneren der Cadaver, also bei Luftabschluss, ist demnach nicht möglich, und die Bacillen müssten in diesem Falle einfach zu Grunde gehen.

Dieses hat auch Feser[1]) gezeigt. Derselbe machte eine grosse Reihe von Infectionsversuchen mit einem Material, welches er exhumirten Milzbrandcadavern entnahm, konnte damit jedoch in keinem Falle Milzbrand erzielen. Nach Bollinger[2]) werden die Anthraxbacterien durch Fäulnis rasch zerstört.

Was den Transport der Sporen durch Regenwürmer betrifft, so ist diese Ansicht durch Koch bezweifelt, durch Versuche von Feltz[3]) und Bollinger[4]) jedoch gestützt worden.

Aber auch die Theorie von Koch ist nicht ganz lückenlos und einwurfsfrei. Was die Sporenbildung anbelangt, so ist wohl unzweifelhaft, dass eine solche unter den von ihm angegebenen Umständen und in der gedachten Weise oft stattfindet. Eher könnte bezweifelt werden, dass der Zwischenträger, wie er annimmt, an feuchten Stellen oder im Wasser liegende pflanzliche

1) Feser, Der Milzbrand: VII. Versuche mit Milzbrandobjecten.

2) Bollinger, Zoonosen: Ziemsen's Handbuch der spec. Path. u. Therapie Bd. 3 2. Aufl. S. 510 (1876).

3) Feltz, Compt. rend. T. XCV Nr. 19 (6. Nov. 1882).

4) In Kürze erwähnt von L. Franck (Deutsche Zeitschrift für Thiermedicin u. vergleich. Pathol. Bd. 7 S. 314 1882).

Reste sind und dass auf solchen, der Fäulnis preisgegebenen organischen Resten eine Sporenbildung der Milzbrandbacterie stattfinden soll. Er selbst erklärt übrigens ja auch ausdrücklich, dass dieses nur eine Vermuthung ist. Die Resistenz der Milzbrandsporen ist sicherlich sehr gross, wie die betreffenden Versuche gezeigt haben; allein es ist unbegründet, sie so widerstandsfähig anzunehmen, dass sie jahrelang den zersetzenden Einflüssen ihrer faulenden Substrate widerstehen und nicht im Kampfe mit anderen, ihnen an Zahl wohl weit überlegenen und, gegen Temperaturunterschiede weniger empfindlichen Bacterienarten untergehen. Führt doch schon Koch selbst die nicht gelungenen Versuche über die Resistenz der Sporen von Feser auf den Umstand zurück, dass dieselben nicht an Seidenfäden, sondern auf Schreibpapier getrocknet worden waren. Ein weit besserer Lagerplatz für die Milzbrandkeime wäre der Boden. Der Annahme, dass die in den bacillenhaltigen Ausflüssen von kranken Thieren oder Cadavern unter günstigen Umständen gebildeten Sporen von einem Regenguss oder unter irgend welchen anderen Umständen in den Boden geschwemmt werden, steht nichts entgegen. Aber auch so ist es nicht recht erklärlich, dass sich an ganz bestimmten circumscripten Stellen das Milzbrandgift an den Boden gebunden jahrelang hält, wie es thatsächlich der Fall ist. Am besten könnte jene dunkle Stelle in der Milzbrandätiologie durch die Annahme erklärt werden, dass der Bacillus Anthracis im Boden selbst unter günstigen Umständen seine ganze Entwickelungsbahn durchlaufen kann. Man hatte übrigens stets den Boden in Verdacht, eine Infectionsquelle zu sein [1]). Der Kreisthierarzt Zeilinger theilt einige interessante Erfahrungen mit, inwiefern der Boden eine Rolle bei der Fortpflanzung des Milzbrandgiftes spielt [2]).

Er zählt Fälle auf, dass an gewissen Stellen, besonders an Verscharrungsplätzen und Stallungen mit inficirtem Boden jene Thiere neuerdings dem Milzbrand verfielen, welche daselbst sich aufhielten. — Auf der F.-Alp sei ein Stier, welcher den Zaun einer Verscharrungsstelle durchbrochen und auf letzterer geweidet

1) Vgl. die Angaben von Bollinger a. a. O. S. 496 u. 497.
2) Feser a. a. O. S. 180.

habe, in kürzester Zeit an Milzbrand gefallen. In einer Stallung »auf der Ecke« bei Miesbach habe der Milzbrand erst aufgehört, nachdem der ganze Stall umgebaut und insbesondere die von Jauche imprägnirte Erdschichte entfernt worden sei. Aehnliche Fälle könnte man noch viele anführen. Der Hauptgegner dieser Annahme ist Koch.

Er sagt: »Die im Erdboden vorhandenen organischen Substanzen scheinen an und für sich nicht zur Ernährung der Milzbrandbacillen dienen zu können; denn in Gartenerde, in sehr humusreicher Erde vom Ufer eines Flusses u. s. w., welche Substanzen mit etwas Wasser versetzt wurden, wuchsen die Milzbrandbacillen nicht.« Wenn nun bei Zusatz von Wasser das auch nicht der Fall ist, so können die Bacillen doch vielleicht sehrwohl wachsen und neue Sporen bilden, wenn ein wenig Nährsubstanz zugesetzt wird, wie sie unter natürlichen Verhältnissen sehr oft vorkommt, z. B. Harn, Blut, Leimsubstanzen oder Auszüge von Pflanzenresten.

Ein anderer Hauptgrund, den Koch gegen das Wachsthum von Milzbrandbacillen und Sporen im Boden anführt, sind die Temperaturverhältnisse des letzteren. Er gibt Zahlen an, wonach die Temperatur im Mittel im Boden folgende ist[1]).

Boden-temperatur	$^1/_2$ m	1 m	3 m
Juli	14,4 — 17,8°	12,8 — 16,9°	9,2 — 15,0°
August	15,1 — 18,5°	14,2 — 17,2°	10,5 — 16,6°
September . . .	16,4 — 19,2°	15,1 — 18,0°	11,5 — 16,8°

Aus dieser Tabelle schliesst er dann, dass dort bei 3 m Tiefe die Temperatur nicht mehr geeignet sei zur Milzbrandsporenbildung, die bei 15° aufhört. Dass sich die Sporen noch bei 3 m Tiefe bilden, ist auch nicht nöthig. Das Gesetz (Milzbrandvorschriften der königlichen Regierung von Oberbayern nebst Vollzugsinstruction, 20. September 1875 III. § 8) schreibt nur vor, »dass Milzbrandcadaver nebst allen Abfällen, nachdem die Haut kreuzweise durchschnitten ist, wenigstens 9 dm tief unter die Erde vergraben werden sollen«. Wenn nun das Gesetz auch

1) Veröffentlichungen des statistischen Bureaus der Stadt Berlin.

stets stricte befolgt würde, so hätten die Milzbrandbacillen, die in den Abfällen sowohl, wie an den natürlichen Ausgangsöffnungen, ganz sicher aber in den durch die kreuzweisen Einschnitte ausfliessenden Substanzen sich finden werden, unter sonst günstigen Verhältnissen im Boden, bei der Annahme, dass sie überhaupt darin gedeihen, die beste Gelegenheit sich weiter zu entwickeln, da die in der Tiefe von ca. 1 m herrschende Temperatur in den Monaten Juli, August, September, wo doch die meisten Cadaver vergraben werden, für ihr Wachsthum durchaus nicht ungünstig ist. Das ist aber noch der ungünstigste Fall. Sehr viele Fälle von Milzbrand werden erfahrungsgemäss, des Sperrgesetzes wegen, nicht angezeigt. In anderen Fällen kommen, ebenfalls erfahrungsgemäss, die Leute, welche am Tage pflichtschuldigst unter Assistenz der Polizei den Cadaver vergraben haben, in der Nacht zurück, um die Haut doch wenigstens noch zu retten. In diesen Fällen ist es mehr als zweifelhaft, ob die Cadaver wirklich in der vorgeschriebenen Tiefe verscharrt werden. Endlich muss eine Weiterentwickelung von Bacillen oder Sporen nicht gerade in der Tiefe von 1 m oder mehr angenommen werden. Dieselbe kann viel oberflächlicher sein und zuerst von Sporen, die sich in den Ausflüssen kranker Thiere selbst entwickelt haben und dann in den Boden hineingeschwemmt wurden, ausgehen. In einer weniger bedeutenden Tiefe würden dieselben dann sehr günstige Temperaturen zu ihrer Weiterentwickelung vorfinden. Endlich führt Koch noch folgendes an:

»Die eigentliche Masse der (Milzbrand-) Erkrankungen kann nur durch die Einwanderung von Sporen verursacht werden; denn die Bacillen selbst können sich in dauernd trockenem Zustande nur kurze Zeit lebensfähig erhalten und vermögen deshalb sich weder in feuchtem Boden zu halten, noch den wechselnden Witterungsverhältnissen (Niederschläge, Thau) Widerstand zu leisten[1].«

Die Logik dieses Satzes ist nicht ganz verständlich; dass derselbe aber wohl kaum einen Druckfehler enthält, geht daraus hervor, dass er sich auch in der früheren Arbeit von Koch[2])

1) Mittheilungen des Reichs-Gesundheitsamts Bd. 1 S. 50.
2) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. 2 Heft 2 S. 303.

genau ebenso findet. Wenn die Bacillen sich in dauernd trockenem Zustande nicht zu halten vermögen, so wäre eigentlich anzunehmen, dass sie sich in gewissen Tiefen eines gleichmässig durchfeuchteten und temperirten Bodens unter sonst günstigen Umständen sehr wohl halten könnten.

Es lässt sich ausserdem noch manches für ein Bodenwachsthum des Bacillus Anthracis anführen. Mit keiner Krankheit hat der Milzbrand in Bezug auf sein locales und zeitliches Auftreten so viele Aehnlichkeit, wie mit Typhus und Cholera. Eine Pilzkrankheit, wie diese beiden, kommt er im ganzen Jahre an prädilecten Orten, mangelhaft drainirten Localitäten, die sich sowohl in Niederungen als auch auf Höhen finden können, vereinzelt vor und erreicht, wenn es überhaupt zu einer Epizootie kommt, meist seinen Höhepunkt in der heissen Jahreszeit. Vom Typhus ist durch jahrelange Beobachtungen die Abhängigkeit vom Grundwasserstande wohl als sicher nachgewiesen zu betrachten; von der Cholera ist dasselbe mehr als wahrscheinlich. Ebenso sprechen sehr viele Umstände dafür, dass ein ähnliches Verhältnis beim Milzbrand besteht. Fast stets gehen grösseren Milzbrandepidemien Ueberschwemmungen voraus, wie sich aus vielen Beispielen bei Feser und in anderen, mehr die pathologische Seite und die Ausbreitung des Milzbrandes behandelnden Werken, entnehmen lässt. Tritt nun in den heissen Sommermonaten das vorher hochstehende Grundwasser zurück, so finden die im Boden eingelagerten, vielleicht nur sehr wenig zahlreichen Sporen, die den Witterungseinflüssen widerstanden haben, in der durchfeuchteten, der Luft aber wieder zugänglichen Erde unter günstigen Umständen alle Bedingungen vor, weiter zu wachsen, also Bacillen und daraus wieder massenhafte neue Sporen zu bilden, wenn man annimmt, dass ein solcher Wachsthum im Boden überhaupt möglich ist. Diese Sporen könnten dann durch die Grundluft oder durch die Capillarität an die Oberfläche gebracht werden und weiterhin mit dem Futter in das Thier gelangen. Der Transport von Pilzen oder Sporen durch die Grundluft erscheint unwahrscheinlich, da sich derselbe experimentell nicht nachweisen liess, dagegen konnte Emmerich

das Aufsaugen von Spaltpilzen oder Sporen von Reinculturen durch 70 cm hohe Bodenschichten durch zahlreiche Versuche nachweisen.

Koch vergleicht in seiner ersten Arbeit über Milzbrand ebenfalls denselben mit Cholera und Typhus und nimmt ein Abhängigkeitsverhältnis vom Grundwasser an. Er citirt sogar einen sehr eclatanten Fall[1]), wo eine Milzbrandepidemie unter Pferden im Gestüte zu Neudorf aufhörte, als man auf den Rath des Herrn Geheimraths v. Pettenkofer den Stand des Grundwassers durch Drainage herabsetzte. Später lässt Koch diese Ansicht jedoch vollständig fallen[2]).

Ein anderer Grund, der dafür spricht, dass gewisse pathogene Bacterien auch im Boden ihre Entwickelungsprocesse durchlaufen können, ist das Vorkommen derselben in den Zwischendeckenfüllungen unserer Wohnhäuser[3]).

Wenn, wie es z. B. im Gefängnis zu Amberg der Fall war, der Inhalt einer solchen Zwischendeckenfüllung 15 Wagenladungen betrug und die Pilze in der ganzen Masse so verbreitet waren, dass sich aus jeder noch so kleinen Probe Culturen darstellen liessen, so muss die Menge der darin vorkommenden Sporen eine geradezu unberechenbare sein. Unter solchen Umständen ist es wohl wahrscheinlicher, dass dieselben sich in der Füllung selbst aus zufällig hineingelangten Sporen unter günstigen Umständen entwickelt haben, als anzunehmen, dass sämmtliche Sporen schon als Sporen hineingelangt sind. Auch beim Milzbrand hat die Annahme etwas Wahrscheinliches, dass sich zu gewissen Zeiten unter sonst günstigen Bedingungen aus einigen wenigen in den Boden hineingelangten Sporen dortselbst wiederum Bacillen und aus diesen neue Sporen entwickeln, welche im Boden eingelagert bleiben. Dass von diesen einige den äusseren Umständen Widerstand leisten können, um sich in späteren für ihre Entwickelung günstigen Zeiten weiter zu vermehren, ist ebenfalls nicht unwahr-

1) Bollinger, Ziemssen's Handb. d. spec. Pathol. u. Therapie Bd. 3 S. 455.
2) Mittheilungen des Reichs-Gesundheitsamts Bd. 1 S. 79.
3) Emmerich, Pneumoniecoccen in der Zwischendeckenfüllung als Ursache einer Pneumonieepidemie (Archiv für Hygiene Bd. 2 S. 117).

scheinlich. Es ist deshalb nicht ganz unberechtigt, ein solches Wachsthum in Wirklichkeit anzunehmen. Mit dieser Annahme würden sich viele dunkle Punkte der Milzbrandätiologie und besonders das sonst so schwer zu deutende circumscripte Auftreten desselben leicht erklären lassen.

Diese Annahme nun durch das Experiment zu beweisen und zwar speciell nachzuweisen, dass im Boden nicht nur Milzbrandsporen sich finden, sondern dass der Bacillus Anthracis dort auch seinen ganzen Entwickelungsprocess unter gewissen Umständen durchlaufen kann, war der Zweck dieser Arbeit.

Es gab dazu verschiedene Wege. Der eine war, die Milzbrandbacillen direct im Boden mit dem Mikroskop nachzuweisen; der andere, das vegetative Vorkommen von Milzbrandbacterien im Boden durch den Nachweis ihrer Zersetzungsproducte, die sie eventuell während ihrer Entwickelung liefern, zu constatiren.

Die chemische Wirkung der Spaltpilze ist zwar noch ein wenig erforschter Punkt, allein es steht fest, dass viele derselben bestimmte Zersetzungsproducte liefern und dadurch ihre Anwesenheit manifestiren. Abgesehen von vielen anderen Wirkungen, wie z. B. Buttersäure- und Trimethylaminbildung bei Clostridium butyricum resp. Micrococcus prodigiosus wird hauptsächlich die Nitrification im Boden auf die Spaltpilze zurückgeführt. Specielles darüber findet sich bei Schlösing und Münz »Recherches sur la Nitrification par les ferments organisés«[1]). Andere Arten von Pilzen reduciren die Nitrate, wie Meusel »De la putréfaction par les bactéries en présence des nitrats alkalins«[2]) und Dehérain et Maguenne »Sur la réduction des nitrats dans la terre arable«[3]) nachgewiesen haben. Eine solche Wirkung gibt Gayon et Dupeti[4]) an, soll auch der Bacillus Anthracis haben. Man setzte neutralisirter Hühnerbrühe 10 g Kaliumnitrat per Liter zu und gab an, dass die Nitrate abgenommen, und der Milzbrandpilz 0,1 g Nitrite täglich per Liter geliefert habe. In derselben Weise die Bildung von Nitriten in

1) Compt. rend. LXXXVII Nr. 14. — 2) Ebenda 1875 p. 533. — 3) Ebenda LXCV, 691. 732. 854. — 4) Ebenda LXCV, 644—646.

mit Milzbrand inficirtem Boden und dadurch das vegetative Vorkommen desselben daselbst nachzuweisen, wurde versucht.

Der dazu verwendete Apparat war folgender (Fig. 1).

In ein Glasrohr von 40 cm Länge und 3,5 cm Durchmesser mit unten angeschmolzenem Glashahn wurden 250 ccm Gartenerde, resp. Kiesboden gefüllt. Mittels eines durchbohrten Gummistöpsels wurde auf dieses Rohr ein oben und unten ausgezogener Kolben von 400 ccm aufgesetzt, der an seinem unteren Ende ebenfalls durch einen Glashahn, an seinem oberen Ende durch einen 4 cm langen Wattepfropf verschlossen war. Der Gummistöpsel hatte noch eine zweite Durchbohrung, in welcher sich ein U-förmig gebogenes Glasrohr befand, dessen eines Ende frei in dem grösseren Glasrohre mündete, dessen anderes Ende ebenfalls durch einen Wattepfropf verschlossen war. Die zu den Versuchen verwendete Gartenerde, resp. der Kiesboden, wurden, ehe sie in die Glasröhre kamen, von allen grösseren Steinen bis zu 5 mm Durchmesser befreit und dann an drei aufeinanderfolgenden Tagen je 5 Stunden lang durch Glühen sterilisirt. Ebenso wurde der Harn, der als Nahrlösung verwendet werden sollte für die später einzulegenden Milzbrandculturen, ehe er in die Kolben gefüllt wurde, neutralisirt und im Dampfkochtopf sterilisirt. Durch Oeffnen des unter dem Kolben befindlichen Hahns konnte dann von dem milzbrand-

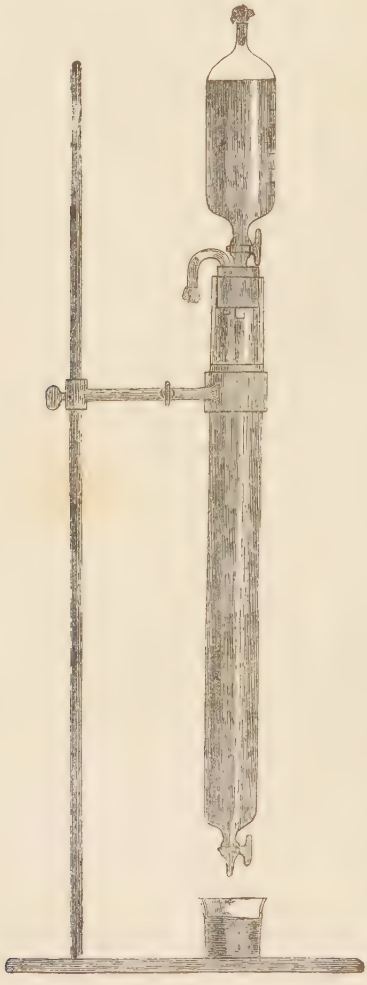

Fig. 1.

haltigen Harn eine beliebige Quantität in das untere Glasrohr, worin sich der Boden befand, abgelassen und dieser so inficirt werden. Harn wurde deshalb verwendet, weil einerseits ein solches Nährmaterial in der Natur sehr leicht vorkommen, andrerseits Boden mit Harn leicht inficirt werden kann, und weil endlich Milzbrand in Harn von einer gewissen Concentration (9 Theile Wasser, 1 Theil Harn) sehr schöne Culturen ergibt. Nachdem sowohl Kolben als Rohr ihre Füllung erhalten hatten, wurden die vollständig zusammengesetzten Apparate 5 Stunden lang in einem doppelwandigen Blechcylinder[1]) im strömenden Dampfe erhitzt.

Die Versuchsreihe war folgendermaassen angeordnet:

I. Im ersten Rohre befand sich 250 g Kiesboden. Der Aufsatzkolben enthielt 350 ccm sterilisirten Harn 10 %.

II. und III. Im zweiten und dritten Rohre befand sich 250 g sterilisirte Gartenerde. Der Aufsatzkolben enthielt 350 ccm sterilisirten Harn 10 %.

IV. Im vierten Rohre befand sich 250 g nicht sterilisirte Gartenerde. Der Aufsatzkolben enthielt 350 ccm nicht sterilisirten Harn 10 %.

Die an Apparat I, II und III befindlichen Hähne sowohl, als die Ansatzstellen der Gummistöpsel wurden, bevor sie in den Sterilisirapparat gebracht wurden, mit auf 100 ° erhitzter Watte gut umwickelt, so dass auch von diesen Punkten keine Infection zu fürchten war, und der ganze Apparat als pilzdicht und steril betrachtet werden konnte. Am folgenden Tage wurde der Aufsatzkolben von I und II, nachdem eine genügende Menge der noch sterilen Nährflüssigkeit abgelassen war, um den Boden zu imbibriren, aus einer Gelatinereincultur von Milzbrand vermittelst eines geglühten Platindrahtes inficirt. III und IV sollten als Controlrohre dienen. Am dritten Tage hatten sich in den inficirten Kolben sehr charakteristische Milzbrandculturen entwickelt: leichte Flocken, während die übrige Flüssigkeit vollständig klar blieb. Die Flüssigkeit im Kolben III war ebenfalls vollständig klar. Der Inhalt von Kolben IV hatte sich dagegen

1) Archiv für Hygiene Bd. 1 S. 177.

getrübt. — Von da ab wurden täglich 25 ccm aus sämmtlichen Kolben in die Rohre abgelassen und dann der obere Hahn wieder geschlossen. Eine Stunde später wurde der untere Hahn geöffnet. Die bis dahin überstehende Flüssigkeit sickerte dann durch, wurde in einem Becherglas aufgefangen und auf ihren Gehalt an Nitriten resp. Nitraten geprüft.

Die Ausflussöffnung des Rohres, worin sich der Boden befand, wurde nach dem jedesmaligen Ablassen der Flüssigkeit mit einem Wattepfropf verschlossen, welche in 1 proc. Sublimatlösung getaucht war. Die Bestimmung der Nitrite geschah nach der Methode von Feldhausen-Kubel, und zwar wurden 5 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit mit destillirtem Wasser auf 100 ccm aufgefüllt und 5 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 : 3) zugesetzt. Dann wurde von einer titrirten Chamäleonlösung, von der 1 ccm = 0,19 mg salpetriger Säure war, soviel zugesetzt, bis eine bleibende hellrothe Färbung eintrat.

Bei der Bestimmung der Nitrate nach der Methode von Trommsdorf wurden 10 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit mit 10 ccm concentrirter Schwefelsäure versetzt und dann soviel von einer titrirten Indigolösung, von der 1 ccm 1 mg Salpetersäure entsprach, zugesetzt, dass eine flaschengrüne Färbung eintrat. War der Gehalt an Nitriten resp. Nitraten sehr gering, so wurde mit den doppelten Mengen, jedoch in sonst ganz analoger Weise gearbeitet.

Das Ergebnis der Untersuchungen, welche bei einer Zimmertemperatur von etwa 18—22 ° gemacht wurden, war folgendes:

Rohr	I		II		III		IV	
Tag	Nitrite	Nitrate	Nitrite	Nitrate	Nitrite	Nitrate	Nitrite	Nitrate
1	1,465	—	10,450	—	10,830	—	—	3,7
2	1,045	—	9,120	—	7,175	—	—	5,2
3	0,667	—	7,410	—	6,648	—	—	9,8
4	0,380	—	4,120	—	4,850	—	—	
5	0,285	—	2,479	—	2,565	—	—	
6	0,190	—	1,425	—	2,029	—	—	
7	0,152	—	1,102	—	1,200	—	—	
8	0,114	—	0,760	—	1,148	—	—	
9	0,114	—	0,684	—	1,010	—	—	
10	0,095	—	0,570	—	0,782	—	—	

Nicht mehr untersucht

Die Tabelle zeigt eine Abnahme der Nitrite in der abgelassenen Flüssigkeit nicht nur der zwei ersten Rohre, welche mit Milzbrand inficirt wurden, sondern auch des Controlrohres III. Die Abnahme ist zwar in Rohr III eine anfangs etwas schnellere und nachher langsamere, als in dem sonst ganz gleich behandelten Rohr II; allein dieses auf die Infection zurückzuführen und daraus auf eine Vegetation von Milzbrand zu schliessen, wäre unberechtigt. Da diese Resultate den Angaben von Goyon und Dupeti zu widersprechen schienen, so wurde der dort angegebene Versuch wiederholt. Einem Liter frischer Bouillon wurden 10 g Kaliumnitrat zugesetzt und davon 3 Kolben von je 300 g sterilisirt. Es bildete sich jedoch ein sehr bedeutender Niederschlag, die ganze Flüssigkeit wurde trüb und musste deshalb noch einmal filtrirt werden. Beim zweiten Sterilisiren trat wieder eine Trübung und ein Niederschlag auf, so dass dieses nicht sehr günstige Material verlassen wurde. Es wurde dann 1 Liter 10proc. Harn 5 g Kaliumnitrat zugesetzt. Diese Flüssigkeit blieb beim Sterilisiren vollständig klar und zeigte sich auch als ein sehr gutes Nährmaterial für Milzbrandbacterien; denn bei einer constanten Temperatur von 35 ° hatte sich schon 24 Stunden nach der Infection eine ausserordentlich üppige Milzbrandcultur darin entwickelt. Ein anderer Kolben, der ebenfalls sterilisirt und, ohne inficirt zu sein, bei gleicher Temperatur aufbewahrt wurde, blieb vollständig klar. Am dritten Tage nach der Infection wurden die Nitrate und Nitrite in beiden Kolben bestimmt und gleich gefunden, so dass weder eine Nitrat- noch Nitritbildung während des Wachsthums des Bacillus Authracis stattzufinden scheint.

Die in Rohr I, II, III auftretenden Nitrite scheinen durch das Glühen gebildet worden zu sein; denn Rohr IV (dieselbe Gartenerde) zeigt keine Nitrite, sondern die nach Schlösing und Münz und anderen durch die Wirkung der Spaltpilze gebildeten Nitrate.

Ein besseres Resultat als die chemische Untersuchung ergab das Mikroskop. Der Inhalt von Rohr I wurde, nachdem inzwischen der Apparat 3 Tage nicht thätig gewesen war, in eine Schale

geschüttet und mit ein wenig gekochtem destillirten Wasser ausgezogen. Dann wurde ein Tropfen der überstehenden Flüssigkeit auf einem Deckglas eingetrocknet und mit Methylviolett gefärbt. Es fanden sich vereinzelte Bacillenfäden, welche aus kurzen, an den Enden scharf abgeschnittenen Gliedern bestanden und der Form nach den Milzbrandbacillen vollkommen gleichsehen.

Vom Inhalt des Rohres II wurden nach 5 Tagen von oben, aus der Mitte und von unten Proben genommen (etwa 25 g) und mit 20 g gekochtem destillirten Wasser übergossen und ein wenig geschüttelt. Die hiervon gemachten Präparate enthielten alle die bereits in Rohr I gefundenen Fäden in ziemlich grosser Anzahl. Als Beweis dafür, dass die gefundenen Fäden Milzbrand waren, kann man folgendes anführen:

1. Der Inhalt der Rohre sowohl, als der Kolben war vor der Infection mit Milzbrand vollständig steril und eine spätere Infection von aussen fand nicht statt, da keine Nitrate gefunden wurden, während nicht sterilisirte Gartenerde mit Harn übergossen nach wenigen Tagen Nitrate ergibt wie Rohr IV zeigt.
2. Im Rohr III fanden sich die in Rohr I und II gefundenen Bacillen nicht.
3. Eine Maus, welcher der vierte Theil des Inhalts einer Pravaz'schen Spritze des Wasserauszugs aus dem Boden des Rohres II injicirt wurde, starb nach 24 Stunden. Die mikroskopische Untersuchung zeigte die charakteristischen Milzbrandbacillen in allen Organen (Tafel III Fig. 2).
4. Ein Kaninchen, welchem eine Messerspitze des Bodens aus Rohr IV unter die Haut gebracht wurde, starb nach 36 Stunden ebenfalls. Die Untersuchung ergab die von Milzbrand der Form nach ziemlich stark verschiedenen Bacillen des malignem Oedems (s. Tafel Fig. 4).
5. Der Gelatinenwachsthum der gefundenen Pilze stimmte sowohl im Thermostaten als auch bei Zimmertemperatur vollständig mit dem der Milzbrandbacterie überein.

Dass die aus Rohr II inficirte Maus an Milzbrand starb, kann nicht unbedingt als Beweis angeführt werden dafür, dass die gefundenen Bacillen Milzbrandbacillen waren; denn man kann

sich auch die Infection durch die in den Boden hineingeschwemmten Sporen bewirkt denken.

Ferner könnte man einwenden, dass die gefundenen Bacillen allerdings Milzbrandbacillen seien, aber nicht im Boden gewachsen, sondern mit der Nährlösung hereingebracht. Gegen diese Annahme spricht der Umstand, dass sich bei Zimmertemperatur die ursprünglichen Milzbrandbacillen, wenn kein selbständiges Wachsthum eingetreten wäre, wohl kaum so lange als Bacillen gehalten hätten, sondern es wäre in der Zeit, in welcher der Versuchsapparat in Thätigkeit war, wohl sicher eine Sporenbildung eingetreten. Wenn also die mikroskopische Untersuchung Bacillen ergibt, so muss angenommen werden, dass diese einer späteren Generation angehören, als die mit der Nährlösung in den Boden gebrachten; also dass sie im Boden selbst gewachsen sind. Ferner ist es unwahrscheinlich, dass Bacillenfäden von der Länge, wie sie selbst an den tiefsten Stellen des Versuchsrohrs zahlreich gefunden wurden, in den Boden hineingeschwemmt worden sind und werden können.

Das Resultat der mikroskopischen Untersuchung spricht also sehr dafür, dass Milzbrandbacterien im Boden wachsen können.

Um den Beweis hierfür vollständig sicher führen zu können, wurde eine weitere Reihe von Versuchen gemacht, bei welchen statt der complicirten Apparate der ersten Versuchsreihe, die eigentlich für die Untersuchung der eventuellen chemischen Wirkung des Bacillus Anthracis bestimmt waren, mit sehr einfachen Mitteln gearbeitet wurde.

Das Bodenmaterial war:

1. Ausgewaschener Quarzsand,
2. Kiesboden,
3. Gartenerde, welche beiden letzteren von den grösseren Steinen bis zu 4 mm Durchmesser befreit wurden.

Als Nährlösung wurden Stoffe verwendet, welche sämmtlich unter natürlichen Verhältnissen ähnlich eventuell vorkommen können, nämlich:

1. Harn concentrirt,
2. Harn 10 %,

3. Blut defibrinirt,
4. Blutserum,
5. Heuinfus (bereitet nach Buchner),
6. Nährgelatine (nach Koch 0,3 %).

Von den verschiedenen Bodenarten wurden je 50 g in Kolben von 150 g Inhalt gefüllt und dann eine der Nährlösungen zugesetzt und zwar:

	Harn conc.	Harn 10 %	Blut defibr.	Blut-serum	Heu-infus	Nähr gelatine
	g	g	g	g	g	g
Quarz	10	10	10	15	10	10
Kies	10	10	10	10	10	10
Gartenerde . .	20	15	15	20	20	20

Jede Nummer dieser Zusammenstellung wurde doppelt angesetzt und zwar sollte die eine Versuchsreihe bei Zimmertemperatur von 18—22 °, die andere bei 35 ° im Thermostaten durchgeführt werden. Dazu kommen noch von jeder Bodenart zwei Kolben, welche zur Controle der Sterilität benutzt werden sollten.

Sämmtliche Kolben wurden dann ohne Unterbrechung dreimal 24 Stunden im strömenden Dampfe erhitzt. Am dritten Tage wurde von jeder Bodensorte je einer der zur Controle bestimmten Kolben aus dem Sterilisirapparate genommen, im Freien mit 25 g sterilem Harn übergossen und zweimal 24 Stunden im Thermostaten bei 35 ° aufbewahrt.

In den Kolben, worin sich Quarz und Kies befanden, war am dritten Tage die überstehende Flüssigkeit vollständig klar und wurden bei der mikroskopischen Untersuchung keine Pilze gefunden. Die bei der Gartenerde überstehende Flüssigkeit war dagegen getrübt, roch unangenehm faulig und zeigte unter dem Mikroskop zahlreiche Spaltpilzformen.

Es wurde also die mit Quarz gefüllte Kolbenreihe aus dem Apparat genommen. Die mit Gartenerde, sowie auch die mit Kies gefüllten Kolben wurden, da letztere doch noch nicht gebraucht werden sollten, noch weitere dreimal 24 Stunden erhitzt. Die nunmehr sterilen Kolben wurden dann sämmtlich dem Apparate

entnommen und in einem kalten Raume aufbewahrt. Die Infection geschah in der Weise, dass mit einer wohlgeglühten Pipette aus einer starken Milzbrandcultur in Harn, welche, wie die später mikroskopische Untersuchung zeigte, fast ausschliesslich aus Sporen abestnd, ein wenig aufgesaugt wurde. Es wurden dann davon in jeden Kolben 3—4 Tropfen abgelassen. Die Versuche wurden in drei Abtheilungen durchgeführt. Zuerst die Quarzreihe, dann der Kies und zuletzt die Gartenerde.

Die Untersuchung geschah in der Weise, dass 10 ccm gekochten destillirten Wassers in das zu untersuchende Kölbchen gebracht und mit dem Inhalt desselben so lange geschüttelt wurde, bis derselbe, wenigstens bei dem Kies und der Gartenerde, einen Brei bildete. Eventuell (bei Blutserum) wurde das Schütteln noch durch Umrühren mit einem geglühten Glasstabe unterstützt. Nach einiger Zeit wurden dann von der überstehenden Flüssigkeit einige Tropfen in ein Uhrglas abgegossen und davon einige Proben in der gewöhnlichen Weise theils mit Methylviolett, theils mit Methylenblau gefärbt untersucht.

Das Ergebnis desselben war, nach den Nährlösungen geordnet, folgendes:

I. Nährlösung: Harn concentrirt.

Im Thermostaten bei 35°.	In Zimmertemperatur von 18—22°.
1. Quarz.	
a. Untersuchung nach 48 Stunden ergibt viele lange Milzbrandfäden und Sporen in allen Stadien der Entwickelung. Infectionsprobe Nr. I.	b. Flasche beim Sterilisiren zu Grunde gegangen.
2. Kies.	
a. Untersuchung nach 48 Stunden. Bacillen spärlich. Fäden nicht sehr lang; theilweise im Begriff der Sporenbildung.	b. Untersuchung nach 48 Stunden. Bacillenfäden spärlich. Mehr vereinzelte Bacillen und Sporen.
3. Gartenerde.	
a. Untersuchung nach 72 Stunden. Sehr vereinzelte Stäbchen; erst bei genauem Suchen auffindbar. Sporen wurden nicht bemerkt.	b. Untersuchung nach 72 Stunden. Bacillenfäden sehr vereinzelt. Sporen nicht zahlreich.

II. Nährlösung: Harn 10 %.

Im Thermostaten bei 35°.

1. Quarz.

a. Untersuchung nach 48 Stunden. Sehr zahlreiche Milzbrandpilze in allen Stufen der Entwickelung. Besonders viel Sporen.

2. Kies.

a. Untersuchung nach 48 Stunden. Kürzere Bacillenfäden und vereinzelte Bacillen ziemlich zahlreich (s. Tafel Fig. 5).

3. Gartenerde.

a. Untersuchung nach 72 Stunden. Stäbchen und Bacillenfäden selten. Sporen ebenfalls wenig zahlreich.

In Zimmertemperatur von 18—22°.

1. Quarz.

b. Untersuchung nach 48 Stunden. Hauptsächlich sehr lange Bacillenfäden. Sporen nicht zahlreich.

2. Kies.

b. Untersuchung nach 48 Stunden. Bacillenfäden sowie Sporen spärlich. Erstere kurz aus 2—3 Gliedern bestehend.

3. Gartenerde.

b. Untersuchung nach 72 Stunden. Sporen und einzelne Bacillen; jedoch nicht sehr zahlreich.

III. Nährlösung: Blut defibrinirt.

Im Thermostaten bei 35°.

1. Quarz.

a. Untersuchung nach 48 Stunden. Lange Fäden fehlen. Kürzere sporenhaltig. Viele freie Sporen.

2. Kies.

a. Untersuchung nach 48 Stunden. Längere Fäden nicht selten. Theilweise in Sporenbildung begriffen. Viel freie Sporen.

3. Gartenerde.

a. Untersuchung nach 72 Stunden. Fäden nicht gerade selten; sehr gut charakterisirt. Sporen zahlreich.

In Zimmertemperatur von 18—22°.

1. Quarz.

b. Untersuchung nach 48 Stunden. Lange und kurze Fäden zahlreich. Sporen vereinzelt.

2. Kies.

b. Flasche beim Sterilisiren zu Grunde gegangen.

3. Gartenerde.

b. Untersuchung nach 72 Stunden. Einzelne Bacillen und viel keimende Sporen.

IV. Nährlösung: Blutserum.

Im Thermostaten bei 35°.

1. Quarz.

a. Untersuchung nach 48 Stunden. Viele ziemlich lange Fäden. Die Sporen als helle, glänzende Punkte in dem geronnenen Serum.

In Zimmertemperatur von 18—22°.

1. Quarz.

b. Untersuchung nach 48 Stunden. Sehr zahlreiche, kürzere Fäden. Sporen fehlen. Fäden nicht im Zustande der Sporenbildung (s. Tafel Fig. 3).

Im Thermostaten bei 35°.	In Zimmertemperatur von 18—22°.

2. Kies.

a.	b.
Untersuchung nach 48 Stunden. Sehr viele Sporen. Längere Fäden fehlen. Kürzere spärlich und sporenhaltig.	Untersuchung nach 48 Stunden. Ziemlich zahlreiche, mehr einzelne Bacillen.

3. Gartenerde.

a.	b.
Untersuchung nach 72 Stunden. Ziemlich viel Fäden von mittlerer Länge (3—6 Bacillen). Zahlreiche Sporen. Einzelne sporenhaltige Fäden.	Untersuchung nach 72 Stunden. Einzelne Bacillen ziemlich zahlreich. Viel keimende Sporen.

V. Nährlösung: Heuinfus.

Im Thermostaten bei 35°.	In Zimmertemperatur von 18—22°.

1. Quarz.

a.	b.
Untersuchung nach 48 Stunden. Sehr wenig längere Bacillenfäden. Fast nur Fäden im Zustande der Sporenbildung und (s. Tafel Fig. 6) Sporen.	Untersuchung nach 48 Stunden. Viele längere Fäden. Sporen fehlen.

2. Kies.

a.	b.
Untersuchung nach 48 Stunden. Längere Fäden sehr selten. Mehr vereinzelte Bacillen.	Untersuchung nach 48 Stunden. Bacillenfäden wurden nicht gefunden. Sporen?

3. Gartenerde.

a.	b.
Untersuchung nach 72 Stunden. Nur einzelne Fäden. (3—4 in jedem Präparate.)	Untersuchung nach 72 Stunden. Keine Fäden; Bacillen vereinzelt. Sporen wurden nicht bemerkt.

VI. Nährlösung: Gelatine.

Im Thermostaten bei 35°.	In Zimmertemperatur von 18—22°.

1. Quarz.

a.	b.
Untersuchung nach 48 Stunden. Alle Entwickelungsformen; aber nicht besonders zahlreich.	Untersuchung nach 48 Stunden. Viele Fäden; Sporen fehlen vollständig.

2. Kies.

a.	b.
Untersuchung nach 48 Stunden. Vereinzelte Bacillen. Sporen wenig zahlreich.	Untersuchung nach 48 Stunden. Spärliche Fäden und Bacillen.

Im Thermostaten bei 35°.	In Zimmertemperatur von 18—22°.

3. Gartenerde.

a.	b.
Untersuchung nach 72 Stunden. Häufigere Fäden und Sporen (meist 2—4 Bacillen hintereinander).	Untersuchung nach 72 Stunden. Bacillen fehlen. Sporen wurden nicht bemerkt.

Infectionsproben wurden vorgenommen aus:

I. 1[a]). Einer weissen Maus wurde 1/3 einer Pravaz'schen Spritze des Wasserauszugs aus dem Boden unter die Rückenhaut injicirt. Das Thierchen starb nach weniger als 24 Stunden. Die Watte, welche in dem Becherglase sich befand, worin es war, zeigte rothgelbe Flecken, welche von dem blutigen Urin des Thieres herrührten. Die Section ergab kein Exsudat in der Bauchhöhle, dagegen zahlreiche Milzbrandbacillen in der Milz und den übrigen Organen.

IV. 1[b]). Einem sehr grossen Meerschwein wurde 1/2 Pravazsche Spritze unter die Rückenhaut injicirt. Das Thier starb nach 36 Stunden. Die Section, die nach etwa 50 Stunden stattfand, ergab folgendes. In der Bauchhöhle befand sich kein Exsudat. Die Milz war braunschwarz und fast doppelt so gross als gewöhnlich. In der Lunge fanden sich einzelne eingesprengte dunkelrothe Partien. Das Mikroskop zeigte massenhaft die charakteristischen Milzbrandbacillen in Blut, Milz und Lunge.

IV. 2[b]). Einer nicht sehr grossen weissen Maus wurde 1^{cm} unterhalb der Schwanzwurzel mit einem geglühten Messer ein etwa 3—4^{mm} lange Einschnitt in den Schwanz gemacht und darauf ein Tropfen der Infectionsflüssigkeit gebracht. Das Thierchen starb nach 24 Stunden. In der Milz fanden sich zahlreiche Milzbrandbacillen.

V. 3[b]). Einer Maus wurde 1/3 von dem Inhalt einer Pravazschen Spritze unter die Rückenhaut injicirt. Die Cannüle passte jedoch in diesem Falle nicht recht auf die Spritze, so dass der grösste Theil der Flüssigkeit verloren ging. Das Thier starb dennoch nach 48 Stunden. Die mikroskopische Untersuchung ergab Milzbrand.

Gegen diese Infectionsversuche könnten zwei Einwände gemacht werden und zwar

1. könnte man sagen, dass die Infection der Thiere nicht durch die im Boden gewachsenen Milzbrandbacillen, oder Sporen

zu Stande gekommen sei, sondern durch das in den Boden hineingebrachte Material.

Dieser Einwand kann nicht direct widerlegt werden. Die Thiere könnten ebensowohl durch das in den Boden gebrachte Material inficirt sein, als durch das eben daselbst gewachsene. Eine Infection durch das im Boden selbst gewachsene Material ist aber um so wahrscheinlicher, als das in den Boden gebrachte Material fast ausschliesslich aus Sporen bestand, während die später mikroskopische Untersuchung nicht allein Sporen, sondern auch lange Bacillenfäden, Bacillenfäden, welche in Sporenbildung begriffen waren, und einzelne Bacillen zeigte. Ferner spricht dagegen der Umstand, dass das den Boden inficirende Material relativ sehr gering war (3 Tropfen) und auf eine grosse Masse (50 g Boden, 10—20 g Nährlösung und 10 g Wasser) vertheilt wurde. Hätte dasselbe sich nicht im Boden selbständig vermehrt, so würden sich bei der mikroskopischen Untersuchung nicht so massenhaft auftretende Milzbrandbacterien in allen Stufen der Entwickelung haben finden können, wie es bei manchen Versuchskolben der Fall war.

2. Könnte der Einwand erhoben werden, dass eine Verwechselung mit dem Bacillus des malignen Oedems stattgefunden hätte. Dass dieses eventuell geschehen kann, wenn ein Vergleich unmöglich ist und nur eine Bacillenart vorliegt, ist erklärlich. Wenn dagegen ein Vergleich angestellt werden kann, so sieht man leicht, welch grosse Formenverschiedenheit diese beiden Bacillenarten zeigen und ist bei einiger Aufmerksamkeit eine Verwechselung wohl zu vermeiden.

Die Abbildungen Fig. 1 und 4 der Tafel, welche mit den Photogrammen von Koch [1]) vollständig übereinstimmen, werden dieses bestätigen. Endlich muss, um den Beweis vollständig zu führen, dass die im Boden gefundenen Bacillen Milzbrandbacillen waren, noch der Umstand angeführt werden, dass das Wachsthum derselben in flüssigen wie auch auf festen Nährlösungen in Zimmertemperatur und in Thermostaten bei 35° mit dem des echten Milzbrands vollständig übereinstimmte.

1) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. 2 Heft 2 und im 1. Bande der Mittheilungen des Reichs-Gesundheitsamtes.

Das Ergebnis war also im allgemeinen ein positives. Es fanden sich in allen drei Bodenarten sämmtliche Entwickelungsformen der Milzbrandbacterie: Einzelne Bacillen, Bacillenfäden, sporenhaltige Bacillenfäden und Sporen. Daraus lässt sich mit Sicherheit der Schluss ziehen, dass der Bacillus Anthracis unter gewissen, günstigen Umständen sehr wohl im Boden wachsen kann. Die Bodenart ist dabei durchaus nicht gleichgültig; denn die vorhergehenden Versuchsergebnisse zeigen eine grosse Verschiedenheit in dieser Hinsicht. Im allgemeinen scheint der Milzbrand einen nur mässig verunreinigten Boden vorzuziehen; die üppigsten Culturen finden sich im Quarzsand, weniger gute im Kies und die schlechtesten in der Gartenerde.

Die Verschiedenheit der Temperatur scheint bei den Versuchen nur insofern von Bedeutung zu sein, als selbstverständlich bei 35° ein schnelleres Wachsthum stattfindet, als bei Zimmertemperatur. Es finden sich daher im allgemeinen in der Versuchsreihe, welche im Thermostaten stand, weiter vorgeschrittene Formen, als bei der in Zimmertemperatur befindlichen. Von den angewandten Nährlösungen schienen Harn und Blut sich mehr für Milzbrand zu eignen, als Heuinfus und Gelatine, wenngleich dort die Verschiedenheit unter gewissen Umständen bei weitem nicht so stark herantritt, wie bei den Bodenarten.

Also dass Milzbrand im Boden wachsen kann, steht fest. Weshalb sollte man nun nicht annehmen, dass ein solches Wachsthum auch thatsächlich in der Natur stattfindet, da die günstigen Bedingungen sehr oft vorhanden sind und durch eine solche Annahme manche dunkle Punkte in der Milzbrandätiologie ihre Erklärung finden würden?

Es soll keineswegs in Abrede gestellt werden, dass sich unter Umständen das Leben der Milzbrandbacillen so gestalten kann, wie Koch es angibt; dass sie sich auf pflanzlichen Nährsubstraten aus den von jeher dort abgelagerten Keimen in sumpfigen Gegenden entwickeln können, dass sie dann mit Ueberschwemmungen auf die Futterkräuter der Weiden kommen und dort eine Infection stattfindet.

Unter Umständen kann so etwas wohl vorkommen, ob es aber in der Regel so ist, erscheint doch fraglich.

Ueberschwemmungen, welche die Infectionskeime verbreiten sollen, pflegen (wenigstens im Tieflande) im Winter und Frühjahr stattzufinden. »Auf Futterstoffe an überfluteten Weideplätzen«, können dann aber die Infectionskeime nicht abgesetzt werden, weil die Futterstoffe noch nicht vorhanden sind. Wenn aber dennoch speciell durch das Futter Infectionen herbeigeführt werden (denn anders sind wohl kaum die bei Stallfütterung im Winter zuweilen sporadisch auftretenden Fälle zu erklären), so findet diese Thatsache ihre Deutung leicht in dem Umstande, dass mit dem Futter stets demselben anhaftende Theil des Bodens in das Thier gelangen. Dass dadurch ab und zu Infectionen erfolgen, ist natürlich sehr wohl möglich.

Ferner würde nicht leicht ein so circumscriptes Auftreten des Milzbrandes stattfinden können, wie es thatsächlich der Fall ist, da das Wasser eines Flusses die an seinem Ufer lagernden Keime bei nur einigermaassen höherem Wasserstande, wie er alljährlich stattfindet, mit sich forttragen und so bei Ueberschwemmungen eine viel ausgedehntere Infection herbeiführen würde.

Endlich müsste man, wie schon in der Einleitung bemerkt ist, den Milzbrandsporen eine ganz ausserordentliche Resistenz zumuthen, wenn man annimmt, dass sie nicht im Kampfe mit den ihnen an Zahl sicher weit überlegenen Fäulnisbacterien ihrer sich zersetzenden Substrate zu Grunde gehen, eine Resistenz, welche für organisirte Körper, wie sie, etwas Unwahrscheinliches hat. Auf denselben Substraten sollen sich dann auch, wie Koch annimmt, alljährlich unter günstigen Temperaturverhältnissen die Milzbrandsporen vermehren, also Bacillenfäden und neue Sporen bilden. Wenn es schon nicht ganz wahrscheinlich ist, dass die Sporen der Fäulnis lange widerstehen, so ist es noch weniger wahrscheinlich, dass unter diesen Umständen eine Fortpflanzung eintreten kann. Die höheren Temperaturen, welche ein Wachsthum der Milzbrandsporen ermöglichen, begünstigen auch das der Fäulnispilze. Und dass die Milzbrandbacillen den Fäulnis

pilzen nicht gewachsen sind, kann man experimentell leicht nachweisen. Während in sterilem Blutserum sich sehr üppige Milzbrandculturen erzeugen lassen, findet man in an der Luft stehendem Blute, welches ausserordentlich zahlreiche Milzbrandbacillen enthielt, schon nach wenigen Tagen, sobald Fäulnispilze aufzutreten beginnen, eine bedeutende Abnahme der Stäbchen; mit dem Fortschreiten der Fäulnis verschwinden letztere immer mehr und nach 8—9 Tagen sind überhaupt keine Milzbrandbacillen mehr zu sehen. Ein solches Blut vermag denn auch keine Milzbrandinfection mehr herbeizuführen; das beste Zeichen, dass die Milzbrandbacillen den Fäulnispilzen unterlegen sind [1]).

Dass also das Lebensbild der Milzbrandbacterie in der Regel ein derartiges ist, wie es Koch vermuthet, ist sehr unwahrscheinlich. Viel wahrscheinlicher ist es, dass ein Wachsthum des Milzbrands im Boden thatsächlich stattfindet. Die Möglichkeit ist durch die mitgetheilten Versuche erwiesen, und die günstigen Bedingungen, der nicht zu sehr verunreinigte Boden, der Nährstoff und die passende Temperatur, sind zu gewissen Zeiten sehr häufig vorhanden. Kommt doch in dem bacillenhaltigen Harn der milzbrandkranken Thiere oft das den Boden inficirende Material gleichzeitig mit der Nährlösung in den Boden. In diesem Falle ist es sehr wahrscheinlich, dass sich bei günstigem, feuchtwarmem Wetter nicht nur daraus Sporen, sondern auch aus diesen wieder neue Bacillen und Sporengenerationen bilden werden, welche endlich bei eintretenden ungünstigen Umständen in diesem Zustande verbleiben, bis ihnen neue Nahrungszufuhr, oder bei Vorhandensein derselben neue Feuchtigkeit und gleichzeitig passende Temperatur Gelegenheit gibt, ihren Entwickelungsgang von neuem zu durchlaufen.

Die Weiterentwickelung der so einmal in den Boden gebrachten Sporen scheint in der Folge vom Feuchtigkeitsgrade desselben beeinflusst zu werden.

Wie die Statistik ergibt, prädisponiren vorhergegangene Ueberschwemmungen in Milzbrandgegenden sehr zu einer Epizootie, und der in der Einleitung erwähnte Fall, wonach eine

1) Feser a. a. O. S. 92.

solche durch Tieferlegung des Grundwasserspiegels zum Erlöschen gebracht wurde, spricht ebenfalls dafür, dass eine ähnliche Abhängigkeit des Milzbrandcontagiums vom Grundwasser stattfindet, wie bei dem von Typhus und Cholera. So ergibt es sich denn von selbst, dass, abgesehen vom Nährmaterial und von der Temperatur, gewisse Punkte der Entwickelung der Milzbrandbacterie günstiger sind, gewisse weniger günstig, oder, was dasselbe ist, dass in bestimmten Gegenden das Gift constant sich im Boden zu halten vermag, um bei Gelegenheit sich stark zu entwickeln und, vielleicht mit Hilfe der Capillarität an die Oberfläche gebracht, zahlreiche Infectionen zu bewirken; dass an anderen Stellen dagegen die in den Boden hineingebrachten Sporen entweder mit der Zeit gänzlich zu Grunde gehen, oder nur eine geringe Entwickelung stattfindet, so dass, wenn überhaupt Infectionen vorkommen, dieselben nur wenig zahlreich sind.

Es würde zu weit führen, näher darauf einzugehen, wie die Art der Infection stattfindet und in welcher Weise man derselben entgegentreten kann.

Zweck dieser Arbeit war, nachzuweisen, dass die Milzbrandbacterie im Boden ihren ganzen Entwickelungsgang durchlaufen kann. Dieser Nachweis wurde geliefert und so erscheint die Thatsache, »dass der Milzbrand an gewissen wenigen Punkten seinen ständigen Ursprung hat, und von dort aus zeitweise grössere Verbreitung erhält« (Feser) — ein Satz, der sonst dunkel und unerklärlich war — leicht verständlich und vollkommen berechtigt.

Zum Schlusse erfülle ich noch die angenehme Pflicht, Herrn Geheimrath v. Pettenkofer, der mir die Mittel des hygienischen Instituts in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung stellte und mich stets mit seinem Rathe unterstützte, sowie in gleicher Weise auch Herrn Privatdocenten Dr. Emmerich meinen besten Dank auszusprechen.

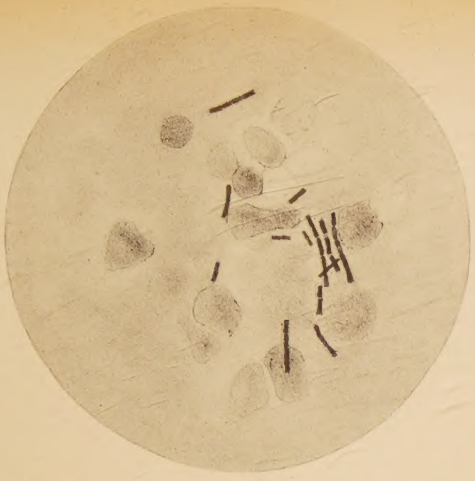

Fig. 1. Milzbrandbacillen aus Blut von Maus.

Fig. 4. Bacillen des malignen Oedems aus Kaninchenblut.

Fig. 2. Milzbrandbacillen aus Gelatine.

Fig. 5. Milzbrandbacillen aus Kiesboden.

Fig. 3. Milzbrandbacillen aus Quarzboden.

Fig. 6. Milzbrandsporen aus Quarzboden.